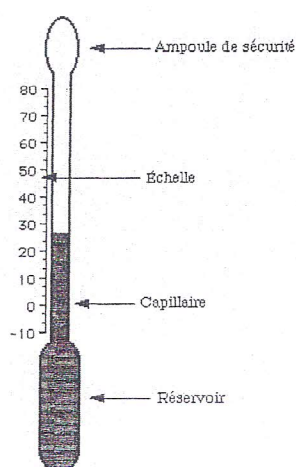


## CHAPITRE 4 : LES THERMOMETRES A DILATATION

### 4.1 LE THERMOMETRE A DILATATION DE LIQUIDE

#### 4.1.1 Description

Il est constitué d'un réservoir surmonté d'un capillaire de section faible et régulière (l'ordre de grandeur est de 0.2 mm) se terminant par une ampoule de sécurité. Il est réalisé en verre. Sous l'effet des variations de température, le liquide se dilate de manière plus ou moins importante. Son niveau est repéré à l'aide d'une échelle thermométrique gravée sur l'enveloppe.



#### 4.1.2 Loi de variation

La loi de variation du volume du liquide en fonction de la température s'écrit :

$$V = V_0(1 + aT)$$

avec :

- $V_0$  le volume du liquide à  $0^\circ\text{C}$
- $V$  le volume du liquide à  $T(^\circ\text{C})$
- $a$  le coefficient de dilatation du liquide ( $^\circ\text{C}^{-1}$ )

#### 4.1.3 Liquides thermométriques

Le liquide le plus utilisé est le mercure mais d'autres liquides sont quelquefois employés :

Liquide	Domaine d'emploi ( $^\circ\text{C}$ )	$a$ ( $^\circ\text{C}^{-1}$ )
Alcool éthylique	-110 à +100	1.17
Toluène	-90 à +100	1.03
Mercure	-38 à +650	0.182

L'espace libre au dessus du liquide peut être vide mais pour empêcher la colonne de liquide de se fractionner facilement et pour permettre la mesure des hautes températures, l'espace libre est rempli d'un gaz neutre (azote ou argon) et mis sous une pression fonction de la

température à mesurer. Par exemple, pour un thermomètre à mercure prévu pour mesurer une température de 600°C, la pression de l'azote est de 20 bars. La chambre d'expansion évite les trop fortes variations de pression.

#### 4.1.4 Nature de l'enveloppe

Le matériau constituant l'enveloppe du thermomètre dépend de la température à mesurer :

- jusqu'à 450°C : verre d'Iena
- jusqu'à 630°C : verre Supremax
- jusqu'à 1000°C : silice pure fondue

## 4.2 LE THERMOMETRE A DILATATION DE GAZ

### 4.2.1 Principe

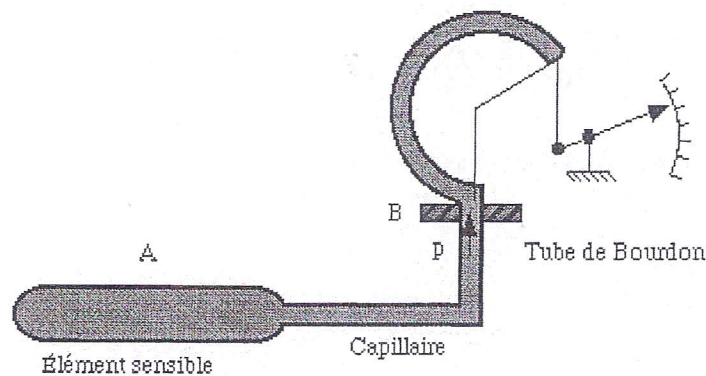
L'équation d'un gaz parfait s'écrit :  $PV = nRT$ , avec :

- P la pression (Pa)
- T la température (K)
- R la constante des gaz parfaits ( $8.31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ )
- n le nombre de moles

Si on enferme une certaine quantité de gaz dans une enveloppe de volume constant V, la pression développée par le gaz est proportionnelle à la température, c'est le principe sur lequel repose le thermomètre à dilatation de gaz.

### 4.2.2 Description

Un thermomètre à gaz est composé d'une sonde A qui représente l'enveloppe dans laquelle est enfermé le gaz thermométrique. Cette sonde est reliée par un tube de raccordement de faible section à l'extrémité B fixe d'un tube de Bourdon.



Sous l'effet de la variation de la température du milieu dans lequel est placée la sonde, la pression du gaz varie, ce qui modifie l'extrémité libre du tube de Bourdon. Cette variation de pression se traduit par un mouvement de rotation de l'index indicateur qui se déplace devant un cadran portant des graduations thermométriques. Les gaz les plus employés sont l'hélium, l'hydrogène, l'azote et le gaz carbonique.

L'avantage des thermomètres à gaz est leur précision, qui est de l'ordre de 1% en mesures industrielles. Ils sont très adaptés pour mesurer les très basses températures (jusqu'à -268°C pour l'hélium et -240°C pour l'hydrogène). Leur principal inconvénient est que la dimension de la sonde est d'assez grande dimension.

## 4.3 LE THERMOMETRE A DILATATION DE SOLIDE

### 4.3.1 Principe

Lorsqu'une tige métallique est soumise à une variation de température, sa longueur varie.

Cette loi de variation s'écrit sous la forme :  $L = L_0(1 + \alpha T)$ ,

avec : -  $L$  la longueur de la tige à la température  $T$  ( $^{\circ}\text{C}$ )

-  $L_0$  la longueur de la tige à  $0^{\circ}\text{C}$

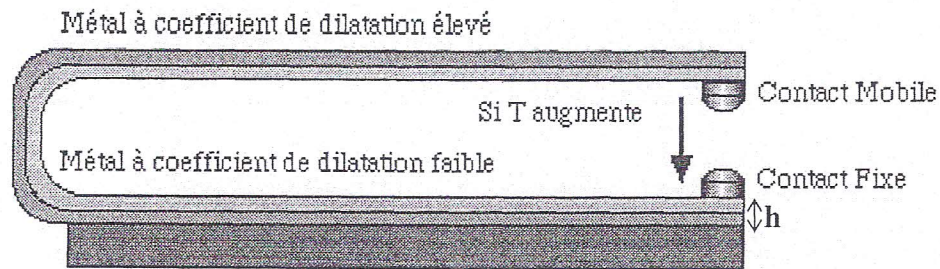
-  $\alpha$  le coefficient de dilatation linéaire du métal ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ )

La dilatation linéaire du métal peut donc servir de grandeur thermométrique, c'est le principe sur lequel reposent les thermomètres à dilatation de solide. Les métaux les plus utilisés sont le platine ( $\alpha = 9.10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ ), le Zinc ( $\alpha = 30.10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ ) et l'Invar qui est un alliage de Fer et de Nickel ( $\alpha = 2.10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ ).

### 4.3.2 Le bilame (bi-metallic-strip thermometer)

Le thermomètre bilame est constitué de deux bandes de métaux dont les coefficients de dilatation sont très différents, soudés à plat sur toute leur surface. La soudure des deux constituants doit être réalisée de manière à ce que le contact soit parfait et que la zone de jonction soit mécaniquement aussi résistante que chacune des deux lames.

Lorsque le bilame est soumis à une variation de température, les dilatations des deux lames provoquent des tensions, il en résulte une incurvation de l'ensemble.



Si on note  $h_1$  l'épaisseur de la lame de coefficient de dilatation élevé  $\alpha_1$ , et  $h_2$  l'épaisseur de la lame de coefficient de dilatation faible  $\alpha_2$ , le rayon de courbure du bilame d'épaisseur  $h$

$$(h = h_1 + h_2) \text{ a pour expression : } \rho = \frac{h \cdot \left( 3(1 + r_h)^2 + (1 + r_h r_e) \left( r_e^2 - \frac{1}{r_h r_e} \right) \right)}{6(\alpha_1 - \alpha_2)(1 + r_h) \Delta T}$$

avec :  $r_h = \frac{h_2}{h_1}$  le rapport des épaisseurs ;  $r_e = \frac{E_2}{E_1}$  le rapport des modules d'élasticité

La sensibilité des bilames est améliorée en minimisant l'épaisseur  $h$  et en augmentant l'écart entre  $\alpha_1$  et  $\alpha_2$ , ce qui revient à prendre des métaux dont les coefficients de dilatation sont les plus différents possibles.

Les bilames sont très utilisés comme thermostats : lorsque la température souhaitée est atteinte, le contact fixe touche le contact mobile qui joue alors le rôle d'un interrupteur de courant. C'est le cas, par exemple, du thermostat du fer à repasser.